Aus dem Pathologischen Institut der Universität Basel
(Vorsteher: Prof. Dr. W. Gerlach)

Das Vorkommen von Schwermetallen im Zahnfleisch und in den Speicheldrüsen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Leonhard Jost
Davos

Basel 1933

Hermann Meusser / Leipzig und Berlin

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt
auf Antrag von Professor Dr. Werner Gerlach
20. November 1933

Tag der Promotion: 20. November 1933

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus
Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Band 1 (1934) Heft 2

Printed in Germany

Meinen Eltern

Chemische Zahnfleischuntersuchungen beschränkten sich bis vor kurzer Zeit auf die Blei-, Quecksilber-, Wismutsäume und Silberflecken, als die Teilsymptome einer Intoxikation des Organismus mit Schwermetallen. Sie hatten die gut sichtbaren und im Mikroskop als Körnchen erkennbaren Metallsäume zu differenzieren, scheiterten aber meist an den geringen Mengen des ausgeschiedenen Metalls. Über diese pathologischen Fälle besteht eine umfassende Literatur (J. Misch, Siegmund und Weber, P. R. Howe, R. Kurz, E. W. Bader, Minker, Thoma). Ich muß auf diese verweisen und kann auf eine Darstellung der Untersuchungsmethoden, der Ergebnisse und der sich daran anschließenden Theorien über Wesen und Entstehung der Säume verzichten, da meine Arbeit diese Fragen nicht berührt (Bundschuh).

Chemische Untersuchungen gesunder und eventuell metallverdächtiger Mundschleimhäute wurden erst durch die Methode der chemischen Emissionsspektralanalyse von Walther und Werner Gerlach und E. Schweitzer möglich. Die Einführung der Hochfrequenzfunkenanregung in die Histochemie durch Werner Gerlach erlaubte Lokalanalysen, die über qualitative und quantitative Ablagerung und Ausscheidung von Schwermetallen orientieren. Mit dieser Methode, die eine Empfindlichkeit von 10^{-5} bis 10^{-8} g (1—0,01 γ) für die Elemente Al, Ag, Bi, Cu, Hg, Mn aufweist, erbrachten Werner Gerlach und seine Mitarbeiter den Nachweis spezieller Elemente in Organen, Sekreten und Exkreten und führten auch vereinzelte Analysen der Mundschleimhaut durch (Literaturübersicht).

Aufgabe meiner Arbeit war, durch eine größere Anzahl Zahnfleischuntersuchungen festzustellen, ob neben den bekannten Metallen Ag, Hg, Bi, Pb noch andere Schwermetalle im Zahnfleisch gespeichert werden.

Gleichzeitig wurden die Speicheldrüsen (Parotis, Gl. submaxillaris, Gl. sublingualis) als Organe zur Mundhöhle gehörend auf Schwermetalle untersucht. Bei einer Ablagerung derselben in der Drüsensubstanz darf wohl auf eine Ausscheidung von Metallen durch den Speichel geschlossen werden. Den genauen Zusammenhang müßten Speichelanalysen erbringen.

Ausdrücklich betonen möchte ich, daß die gleichzeitigen Speicheldrüsenuntersuchungen nicht den Zweck hatten, einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen eines Metalls in der Drüse (evtl. Ausscheidung im

Speichel) und dessen Vorkommen im Zahnfleisch hervorzusuchen. Diese Ansicht Gelmans ist durch die Arbeiten von Siegmund und Weber widerlegt.

Untersuchte Fälle und Entnahme des Zahnfleisches und der Drüsen

Die Untersuchungen wurden an 200 Sektionsfällen des pathologischen-anatomischen Instituts der Universität Basel, Prof. Werner Gerlach, durchgeführt.

Die Sektionsbeobachtungen erfaßten den Gebißzustand mit genauem Status, Farbe und Beschaffenheit des Zahnfleisches, Vorkommen und Arten derFüllungen.

Danach läßt sich allgemein sagen, daß 66 Fälle ganz zahnlos waren, 80 Fälle hatten sehr stark defektes Gebiß (z. B. das charakteristische Restgebiß mit den unteren Frontzähnen, Klammerzähne partieller Prothesen oder nur Wurzelstümpfe), 54 Fälle besaßen ein Gebiß, daß im Rahmen dieser Arbeit als vollständig bezeichnet werden darf (einzelne fehlende Zähne, Brückenarbeiten).

Die Zahnfleischbeobachtungen ergaben keinen Fall eines ausgesprochenen Metallsaumes. Die Fälle dürfen als in diesem Punkt normal angesehen werden. Bei der Mehrzahl der stark defekten Gebisse wurde im Bereich der unteren Frontzähne eine Gingivitis festgestellt. An diesen Stellen war das sonst an der Leiche weißgelbe Zahnfleisch blaurot verfärbt.

Bei den zahnlosen Fällen wurde jeweils im Ober- und Unterkiefer im Bereiche der Front ein etwa 1 qcm großes Stückchen exzidiert. Bei den übrigen Fällen wurde dieses, wenn möglich, neben Zähnen, Wurzeln, Kronenringen, Prothesenklammern, Zahnstein entnommen. Es wurden somit die analogen Stellen untersucht, die bei Schwermetallintoxikationen die stärksten Säume aufweisen.

Die Gl. submaxillaris und die Gl. sublingualis wurden immer ganz, die Parotis jeweils zum Teil exstirpiert und gleich dem Zahnfleisch in Formol fixiert. Zur Befunkung wurden kurz vorher zentrale Teile herausgeschnitten.

Methode und Apparatur

Die eingehende Beschreibung der Methode findet sich in „Die chemische Emissionsspektralanalyse, I. Teil, Methode und Grundlage, von Walther Gerlach und E. Schweitzer; II. Teil, Anwendung in Medizin, Chemie und Mineralogie, von Walther und Werner Gerlach." Daraus folgende Angaben:

Der Hochfrequenzfunke als Anregungsmittel, das zu untersuchende Präparat zum Verdampfen und Leuchten zu bringen, hat sich für die qualitative und quantitative Analyse tierischer Präparate als einwandfrei und empfindlich bewährt. Die Hochfrequenz wird in einem primären Schwingungskreis durch Funken erregt und induziert einen zweiten Schwingungskreis, in welchem sich die Analysenfunkenstrecke befindet. Die im ersten Schwingungskreis mit auftretende Niederfrequenz wird im zweiten Schwingungskreis durch die induktive Koppelung unterdrückt.

Die Analysenfunkenstrecke ist auf der Tatsache aufgebaut, daß die Hochfrequenzschwingung in einer Kapazität einen kleinen Widerstand erfährt. Die Hochfrequenzelektrode besteht aus einem flachen Metallteller, der mit einer Glasplatte überdeckt ist. Auf diese Glasplatte kommen zwei Filterscheiben und auf diese das zu untersuchende, mit einer $NaNO_3$-Lösung leitend gemachte Präparat. Die ganze Anordnung bildet einen Kondensator. Die Gegenelektrode bildet ein dünner Draht, der sich einige Millimeter über dem Präparat befindet. Der Funke

geht zwischen Metallelektrode und Präparat hin und her und erhitzt dieses, verdampft es und bringt den Dampf vor dem Spalte des Spektrographen zum Leuchten.

Das verwendete Schaltschema ist in dem Buche „Die chemische Emissionsspektralanalyse", II. Teil, von Walther und Werner Gerlach in Fig. 8 gegeben.

Als Unterbrecher im Primärkreis wurde ein rotierender Quecksilber-Gasunterbrecher, als Induktorium ein altes Siemenssches Röntgeninduktorium verwendet. Die Primärstromspannung betrug 220 Volt, die Stromstärke 5 Ampère. Die Löschfunkenstrecke bestand aus zwei Zinkplatten, die mit ihren Schmalseiten in einem Abstand von 8—10 mm einander gegenüber angeordnet waren. Als Kapazitäten L wurden je zwei Schottsche Minosflaschen à 3900 cm Kapazität verwendet. Die Primärspule S' des Hochfrequenztransformators bestand aus 6 Windungen blanken, 2 mm dicken Kupferdrahtes von 30 cm Durchmesser, welche mit Hartgummistäben in einem Abstand von je 1 cm gehalten wurden. In ihr steckte die Sekundärspule S'', ein paraffinierter Pappzylinder von 25 cm Durchmesser mit 100 eng aneinanderliegenden Windungen aus 1,2 mm baumwollisoliertem Kupferdraht. Dessen Enden wurden zur Analysenfunkenstrecke geführt.

Die Plattenelektrode war aus Aluminium (5: 8 cm Fläche) und trug eine 0,5 mm dicke, mit Glyzerin aufgeklebte Glasplatte (9: 12 cm) zur Aufnahme des Präparates. Auf die Glasplatte wurde zunächst ein 5 × 5 cm großes Filter und in die Mitte desselben noch ein zweites Filter von der Größe von 2 × 2 cm gebracht. Beide wurden mittels 10%iger Natriumnitratlösung angefeuchtet und in die Mitte der feuchten Filter das Präparat gelegt. Beim Einschalten des Stromes frißt sich der Funke rasch in das Präparat ein, und dieses verbrennt in etwa 2—5 Minuten. Um ein Entflammen besonders der Filter zu verhindern, wird das Filter von Zeit zu Zeit mit einigen Tropfen einer 10%igen Natriumlösung bespritzt. Am Schlusse der Verbrennung wurde der kohlige Rückstand noch mit einem Tropfen konzentrierter Salzsäure beschickt und nochmals für kurze Zeit befunkt, um auch die letzten Metallreste in die Funkenbahn zu bringen. Als Gegenelektrode wurde ein Golddraht von 0,3 mm Durchmesser verwendet.

Die Spektrogramme wurden mit einem Fueß-Quarz-Spektrographen aufgenommen, der ein Öffnungsverhältnis von 1: 5 besaß. Die Spektrogramme umfaßten die Linien zwischen 4000 und 2400 Å.-E.

Belichtet wurde während der ganzen Dauer der Verbrennung, bei Zahnfleisch durchschnittlich 2 Minuten, bei Drüsen zwischen 3 und 5 Minuten, immer bis zur restlosen Veraschung der Substanz.

Untersuchungsergebnisse

Sämtliche Untersuchungen wurden in großen Tabellen zusammengestellt, und zwar getrennt für zahnlose Kiefer, für die stark defekten Gebisse und für vollständige Gebisse. Die Tabellen, die aus Raummangel nicht veröffentlicht werden konnten, können vom Pathologischen Institut Basel angefordert werden.

Die zahlenmäßige Auswertung ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Es wurden an den 200 Sektionsfällen 890 Untersuchungen ausgeführt, wovon 195 negative Ergebnisse aufwiesen. Diese verteilen sich so, daß nur 3 Fälle sowohl für Zahnfleisch als auch für Drüsen negativ waren. Jeweils 17% der drei Drüsen, 21% der Oberkiefer und 40% der Unterkiefer gaben keine Resultate. Die große Zahl der

negativen Fälle im Unterkiefer läßt sich darauf zurückführen, daß dessen Schleimhaut sehr dünn ist und deshalb oft nur geringe Mengen verfunkt wurden. Für die positiven Resultate ergaben sich für Ober- und Unterkiefer keine Unterschiede, so daß sie in einer Tabelle zusammengefaßt werden konnten (Tabelle 1).

Tabelle 1

	Unters. F.	Neg.	Fe	P	Cu	Al	Ag	Si	Sn	Mn	Mg	Zn	Hg
Zahnfleisch													
zahnlos	106	24	56	68	66	39	7	1	1	1	—	—	—
defekt	133	35	62	73	73	27	11	4	—	—	—	—	—
vollständig	93	39	33	31	46	16	8	1	—	—	—	—	1
total	332	98	151	172	185	82	26	6	1	1	—	—	1
Parotis													
zahnlos	65	10	45	53	34	23	10	—	—	—	—	—	—
defekt	73	9	46	60	39	23	15	—	—	—	—	—	—
vollständig	49	14	26	32	20	11	8	—	—	—	1	1	—
total	187	33	117	145	93	57	33	—	—	—	1	1	—
Sublingualis													
zahnlos	65	11	49	51	33	22	8	1	—	—	—	—	—
defekt	73	11	55	58	42	25	11	—	—	—	—	1	—
vollständig	49	9	34	39	25	17	4	1	—	—	1	—	—
total	187	31	138	148	100	64	23	2	—	—	1	1	—
Submaxillaris													
zahnlos	63	10	45	51	36	20	8	2	—	—	—	—	—
defekt	73	11	56	57	48	23	13	1	—	—	—	—	—
vollständig	48	12	26	34	21	15	9	—	—	—	—	—	—
total	184	33	127	142	105	58	30	3	—	—	—	—	—

Tabelle 2

	Fe %	P %	Cu %	Al %	Ag %
Zahnfleisch	64,5	73,5	78,2	35,0	11,1
Parotis	75,9	94,5	60,3	37,0	21,4
Sublingualis	88,5	94,8	64,1	41,0	14,7
Submaxillaris	84,1	94,0	69,5	38,4	19,8

Tabelle 2 zeigt, in wieviel Prozent der positiven Fälle das betreffende Metall zu finden war.

Hervortretend ist die gleichmäßige prozentuale Häufigkeit in den Drüsen gegenüber abweichenden, geringeren Werten im Zahnfleisch für die Metalle Fe, P, Al, Ag. Nur Kupfer findet sich häufiger im Zahnfleisch und nimmt in dieser Häufigkeitsreihe die erste Stelle vor P und Fe ein.

Bei der Gegenüberstellung der drei großen Gruppen (zahnlose, defekte, vollständige Gebisse) in bezug auf häufigeres Vorkommen eines Metalles, sind keine Unterschiede zu finden. Für die Metalle Fe, P, Cu, Al muß schon wegen ihrer Konstanz und großen Häufigkeit auf die Annahme verzichtet werden, daß lokale Verhältnisse (Gebißzustand) einen Einfluß auf ihr Vorkommen haben.

Die Versuchung liegt nahe, die Metalle Ag, Si, Hg, Sn, Zn mit Amalgamfüllungen in Zusammenhang zu bringen. Dabei käme nur der direkte Weg der Diffusion des Metalls ins Zahnfleisch in Frage.

Herrn Prof. Dr. O. Müller, Basel, habe ich einen solchen Fall direkter, einwandfrei erwiesener Diffusion zu verdanken. Bei einer Patientin mit vollständigem Gebiß, wovon $\frac{7\ 6\ 5\ |\ 5\ 6\ 7}{7\ 6\ 5\ |\ 5\ 6\ 7}$ überkront waren, fand sich im $\overline{8|}$ die einzige Amalgamfüllung des Gebisses. Die Füllung war zentral gelegen. Der Zahn mußte extrahiert werden, weil sich von der Wangenschleimhaut ein Lappen auf den Zahn gelegt hatte. In der Gegend der hinteren Zahnkante fand sich in der Wangenschleimhaut ein erbsengroßer, runder, mattgrauer Fleck in der Farbe des Amalgams. Bei der Exzision zeigte es sich, daß die Farbe bis in eine beträchtliche Tiefe, etwa $^1/_2$—1 mm, reichte. Die spektrographische Untersuchung ergab Ag.

Mit etwas Vorsicht ist der Sektionsfall 954/32 zu beurteilen. Hier wurde direkt neben einer Amalgamfüllung das etwas verfärbte Zahnfleisch entnommen. Das Spektrogramm zeigte die Metalle Fe, Cu, Ag, Hg. Trotz der angewandten Vorsicht ist es möglich, daß bei der Exzision Teile der Füllung mit entfernt wurden und ins Präparat gelangten.

Für die übrigen Fälle muß in bezug auf Ag und Si ein Zusammenhang mit dem Gebißzustand bei der Untersuchung abgelehnt werden, da diese sowohl in ganz zahnlosen Kiefern als auch in Gebissen ohne Amalgamfüllungen zu finden waren. Es muß dahingestellt bleiben, ob mit der Tatsache, daß Ag im Gewebe sehr lange gespeichert wird, das Vorkommen des Silbers in zahnlosen Kiefern so erklärt werden darf, daß dieses auf einstige Füllungen zurückzuführen wäre.

Wahrscheinlicher bleibt aber auch für diese Fälle, daß das Silber infolge therapeutischer Applikation oder Vergiftung auf dem Blutwege ins Zahnfleisch und in die Drüsen kam. So fand sich in Sektionsfall 1008/32 bei Lues III cerebri Silber sowohl im Zahnfleisch des Ober- und Unterkiefers als auch in Parotis und Submaxillaris. Im Munde befanden sich nur noch Wurzelstümpfe. In Sektionsfall 116/33 mit Pemphigus foliaceus fand sich das Silber in den Drüsen sehr reichlich und ist auf die angewandte Silbertherapie zurückzuführen.

Auffallend war das gehäufte Vorkommen von Silber in den Drüsen bei Tuberkulose, Pneumonie, Bronchopneumonie, Allgemeininfektionen, Pleuritis, Peritonitis, ohne daß die letzten Krankengeschichten die Angaben einer Silbertherapie enthielten.

Daß Quecksilber nur einmal und dort mit fast eindeutiger Herkunft aus einer Füllung gefunden wurde, deckt sich auch mit den Forschungen, die die Häufigkeit der Quecksilbervergiftung, wie sie Stock als vorhanden erklärt, verneinen.

Das vereinzelte Vorkommen von Zinn, Zink und Mangan muß als Zufallsbefund gewertet werden. Der Grund für ihr Auftreten muß darin liegen, daß zu dieser Zeit im Untersuchungsraum mit größeren Mengen dieser Metalle gearbeitet wurde.

Zusammenfassung

Aus 200 Sektionsfällen wurden das Zahnfleisch und die Speicheldrüsen mit der Methode der chemischen Emissionsspektralanalyse auf Schwermetalle untersucht. Von 890 Befunkungen waren 195 negativ, 607 ergaben Phosphor, 533 Eisen,

304 Kupfer, 261 Aluminium, 112 Silber, 11 Silizium, je eine Quecksilber, Zinn, Zink, Mangan. Die Speicheldrüsen hatten unter sich gleichmäßige Resultate mit der Häufigkeitsreihenfolge P, Fe, Cu, Al, Ag. Im Zahnfleisch fanden sich niedrigere Werte mit Ausnahme des Kupfers, das hier auch vor den anderen Metallen die erste Stelle einnimmt. Ein Zusammenhang mit dem Gebißstatus bei der Untersuchung ist nicht zu finden. Ein Einfluß von Füllungen ist nicht nachzuweisen; außer in einem Falle, da Diffusion von Silber in die Wangenschleimhaut stattfand. Die therapeutische Silberapplikation konnte in zwei Fällen im Zahnfleisch und in den Speicheldrüsen nachgewiesen werden. Ein häufiges Vorkommen von Silber fand sich bei Infektionskrankheiten, ohne daß in den letzten Krankengeschichten sich dessen therapeutische Herkunft auffinden ließ.

Schrifttum

Baader, E. W., Fortschr. Zahnheilk. **7**, 690 (1931).
Bundschuh, Historische Entwicklung unserer Kenntnis über den Einfluß des Bleies auf die Mundschleimhaut. Inaug.-Diss. Würzburg 1923.
Gerlach, Walther und Schweitzer, E., Die chemische Emissionsspektralanalyse, Methode und Grundlagen. Leipzig 1930.
Gerlach, Walther und Werner, Die chemische Emissionsspektralanalyse, II. Teil, Anwendung in Medizin, Chemie und Mineralogie. Leipzig 1933.
Howe, P. R., Boston dental Cosmos **68**, Nr. 11, 1021 (1926). A new research on dental caries.
Kurz, H., Chemische Untersuchungen über Wismutstomatitis. Inaug.-Diss. Frankfurt 1925.
Minker, Der Bleisaum. Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1928**, 403.
Misch, J., Gewerbliche Schädigungen der Mundhöhle. Fortschr. Zahnheilk. **1**—**7**.
Siegmund und Weber, Pathologische Histologie der Mundhöhle. Leipzig 1926.
Stock, Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes und der Amalgame. Med. Klin. **22**, Nr. 32, 1209, Nr. 33, 1350 (1926).
Thoma, Die chronische Bleivergiftung. Med. Welt **1**, Nr. 34, 1255 (1927).

Herrn Prof. W. Gerlach danke ich herzlich für die Überlassung dieser Arbeit, sowie für die Anregung und Hilfe bei der Ausführung. Ebenso danke ich Herrn Dr. C. Ruthardt, der mich mit der Methode vertraut machte und die Auswertung der Spektra übernahm.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig 132/34